

ANALISIS *MISALIGNMENT* KOPLING PADA MESIN *ROTARY* MENGGUNAKAN SINYAL GETARAN *STEADY STATE* DENGAN METODE *RIM AND FACE*

*Iman Agus Raharjo¹, Achmad Widodo², Ismoyo H²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: imanraharjo09@gmail.com

Abstrak

Diantara mesin – mesin yang ada, mesin rotasi merupakan salah satu yang banyak digunakan pada pabrik-pabrik industri karena kuat, handal, perawatannya mudah dan efisiensi. Bila terjadi kerusakan pada mesin sehingga mesin berhenti bekerja, yang biasa disebut shutdown, proses produksi akan terhenti. Karena permintaan terus meningkat, kerugian finansial yang tinggi akan terjadi karena penundaan tersebut. Sekitar 70% dari penyebab kerusakan mesin rotasi dikarenakan *misalignment*, yang dapat menyebabkan gaya yang berlebihan pada *bearing*, sehingga menyebabkan kerusakan *bearing* sebelum waktunya. Satu hal lain yang sangat berpengaruh pada getaran yaitu penggunaan kopling pada mesin rotasi. Dari masalah ini, penelitian tentang *misalignment* dilakukan dengan variasi kopling love joy, roda gigi, dan beam untuk menganalisis karakteristik sinyal spektrum getaran kerusakan mesin rotasi karena *misalignment*. Untuk mengatasi *misalignment*, proses *alignment* dilakukan dengan menggunakan dial indikator dan seperangkat alat tes lainnya dengan metode face dan rim. Data sinyal getaran diambil pada kondisi *misalignment* dan kondisi *alignment* dengan kecepatan putar poros 1200 dan 1800 rpm. Kerusakan *misalignment* memiliki karakteristik yang terlihat pada sinyal getaran tinggi pada frekuensi 1x, 2x dan 3x amplitudonya tinggi. Pada kopling love joy amplitudo tertinggi pada frekuensi 3x yaitu sebesar 0,5204 in/s, pada kopling roda gigi frekuensi tertinggi pada frekuensi 3x amplitudo sebesar 0,03639 in/s, sedangkan pada kopling beam frekuensi tertinggi pada frekuensi 1x amplitudo sebesar 0,02525 in/s. Pada penelitian ini masing – masing kopling memiliki karakteristik dalam pendeteksian dengan sinyal getaran dan diketahui bahwa penggunaan kopling yang paling sedikit menimbulkan getaran yaitu kopling beam.

Kata Kunci :Mesin rotasi, kopling , *misalignment*, *alignment*, dial indikator, sinyal getaran, face dan rim

Abstract

Among the existing machines, the rotating machines is one that is widely used in industrial plants because of their robust, reliable, easy maintenance and efficiency. If there is damage to the machine so the machine stops working, commonly called shutdown, the production process is interrupted. Due to increasing demand, a high financial loss will occur because of the delay. Approximately 70% of the causes of engine damage due to rotational *misalignment*, which can cause excessive force on the bearings, causing premature bearing damage. One other thing that is very influential in the vibration that the use of the clutch on the engine rotation. By these problems, research was done by varying coupling *misalignment* love joy, gears, and beam to analyze the signal characteristics rotational vibrational spectrum of engine damage due to *misalignment*. To solve the problem, *alignment* process is performed by using a dial indicator and a set of other test tools the method of face and rim. The data signal vibration signal obtained on the vibration signal *misalignment* and *alignment* condition, with the rotational speed 1200 and 1800 rpm. Damage *misalignment* characteristics seen in high vibration signals at a frequency of 1x, 2x and 3x higher amplitude. In the clutch love joy 3x highest amplitude at a frequency that is equal to 0.5204 in / s, the clutch gear 3x the highest frequency in the frequency amplitude of 0.03639 in / s, whereas the coupling beam highest frequency at 1x frequency amplitude of 0.02525 in / s. In this study, each coupling has characteristics in detecting the vibration signal and it is known that the use of the clutch that contributes least to the vibration that is the coupling beam.

Keywords: Rotating machine, clutch, *misalignment*, *alignment*, dial indicators, the vibration signal, face and rim

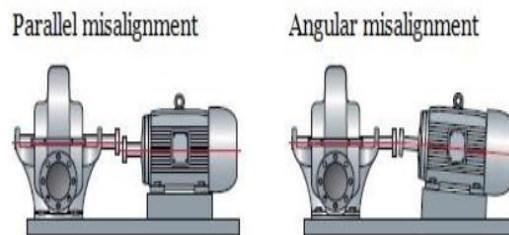
1. Pendahuluan

Mesin yang mengalami *misalignment* saat berotasi menyebabkan, dan akan terus berlanjut mengakibatkan kerugian finansial yang besar untuk setiap industri di dunia. Tidak satupun dari mereka pernah benar-benar menghitung berapa uang yang terbuang pada kerusakan mesin yang terjadi sebelum waktunya, kehilangan produksi, dan kelebihan

konsumsi energi karena poros yang mengalami *misalignment* lebih dari lima puluh tahun terakhir. *Monetary figure* memang menjadi strategi pertimbangan beberapa bagian mesin yang berotasi, yang dioperasikan sekarang dalam setiap industri, jalur pipa transmisi, ladang minyak, kapal laut, rumah sakit, dan office complex [3].

Misalignment dapat terjadi disebabkan karena mesin mengalami *soft foot* (ketidaksamaan jarak antara masing - masing *machinery feet* dengan *machinery foundation/base plate* ketidaksamaan jarak bisa dalam bentuk angular, paralel atau kombinasi keduanya) pada kaki-kaki mesin dan terjadi *run out* (ketidak lurusan poros/*shaft* dan terjadi penyimpangan) pada kopling dan poros mesin, yang dapat mengakibatkan terjadinya *parallel misalignment* dan *angular misalignment* [4].

Metode dial indikator dapat digunakan untuk *alignment* yang baik dan dapat digunakan untuk memeriksa *run out* pada kopling dan poros. Mengetahui terjadinya *run out* pada kopling dan poros dapat dilakukan pengecekan menggunakan dial indikator yang dipasang pada lingkaran kopling atau lingkaran poros, layak atau tidaknya sesuai dengan toleransi masing-masing rpm mesin, semakin besar rpm mesin semakin kecil toleransinya. pengecekan *misalignment* dapat dilakukan dengan mendial poros pompa dengan poros motor model JVL 56T34F5303J P , 3 phase, type TS, Rpm maksimal 3450 menggunakan dial indikator yang dipasang di kopling motor dengan pegangan di pompa [1]. Contoh *misalignment* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh *misalignment* pada motor dan pompa[1]

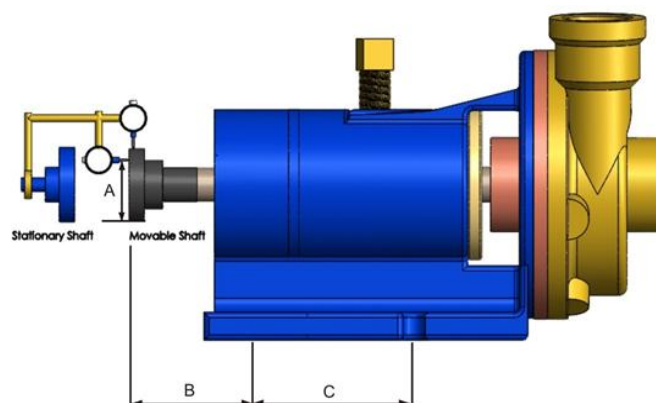
Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui proses *alignment* menggunakan dial indikator dengan metode face dan rim, menganalisa *misalignment* dari beberapa kopling terhadap getaran, membandingkan saat *shaft* mengalami *misalignment* dengan *shaft* yang telah di *alignment*, mengetahui karakteristik amplitude getaran dan sinyal arus *steady* ketika kondisi *misalignment* dan kondisi setelah di *alignment*.

Dalam penelitian ini penulis membatasi masalah yaitu *Alignment* dilakukan dengan metode dial indikator, *Alignment* dilakukan pada kondisi tidak ada perubahan suhu (pemuatan atau penyusutan) jadi dalam kondisi *steady*, model motor JVL 56T34F5303J P , 3 phase, type TS, Rpm maksimal 3450, Rpm yang di gunakan yaitu 1200 dan 1800.

2. Metode Penelitian

2.1 Metode face and rim

Pada metode rim dan face dilakukan dengan cara kedua poros diputar secara bersamaan (Gambar 3) pengukuran di ambil pada sisi luar kopling untuk menentukan nilai *offset* sedangkan pengukuran lainnya dilakukan pada permukaan kopling.



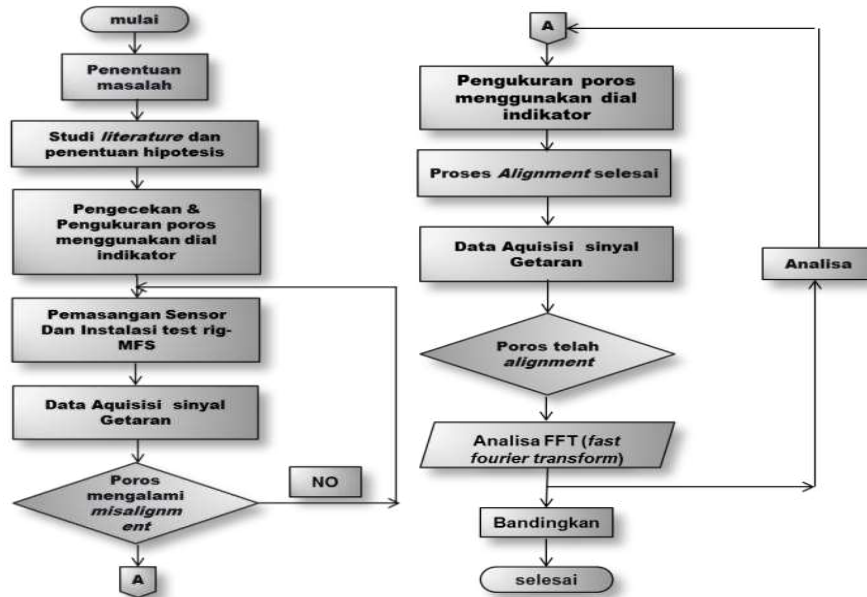
Gambar 2. Metode face and rim[1]

Keterangan: A. Diameter lingkaran dari dial indikator

B. Jarak dari dial indikator rim ke kaki bagian depan pompa

C. Jarak dari kaki depan ke kaki belakang pompa

2.2 Diagram Alir Metode Penelitian

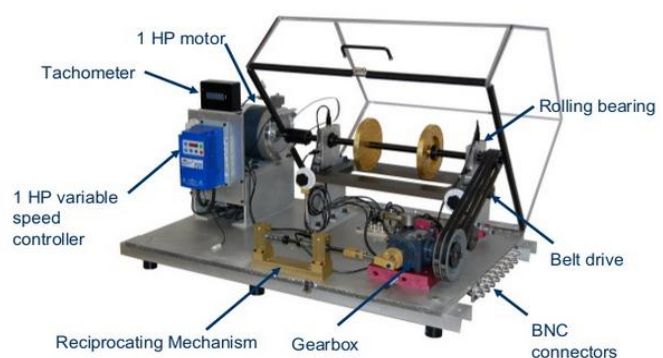


Gambar 3. Diagram alir metode penelitian

2.3 Peralatan Penunjang Dalam Penelitian

a. Dial Indikator dan Machine Faults Simulator (MFS)

Dial indikator (Gambar 4 kiri) digunakan untuk mengukur atau memeriksa kerataan, kesejajaran, kebundaran, kehalusan, kebengkokan, kelurusan dan ketirusan dari suatu benda kerja. Dial indikator dapat melakukan pengukuran dengan ketelitian hingga 0,001 inch hingga 0,002 inch (tergantung tipe dial indikatornya). MFS (Gambar 4 kanan) merupakan alat simulasi untuk mengetahui fenomena getaran pada mesin rotasi. *Machine faults simulator* (MFS) mesin yang dilengkapi motor, *coupling*, *bearing*, *roda gigi*, *pump*, *belt*, *shaft*, *flywheels* dan *cam gear* yang banyak digunakan dalam simulasi permesinan. Beberapa kondisi kerusakan dapat disimulasikan dengan MFS antara lain *unbalance*, *bearing fault*, *misalignment*, *bent shaft* dan lain-lain. MFS digunakan untuk memperoleh pemahaman tentang perbedaan sinyal getaran, dimana terdapat beberapa komponen penunjang saat MFS dioperasikan dalam pengambilan data. MFS juga bisa digunakan untuk mensimulasikan atau mendiagnosa sebuah permasalahan suatu komponen mesin industri dalam skala eksperimen yang terkontrol agar dapat dikembangkan serta ditingkatkan dan semuanya dirancang untuk mudah diganti dalam berbagai eksperimen.



Gambar 4. Dial indicator(kiri) [2]. Machine faults simulator (MFS)(kanan) [3]

b. Sensor accelerometer, Inverter speed control dan Tachometer digital display

Sensor *accelerometer* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran (vibrasi), alat ini (Gambar 6) dipasang pada poros dimana untuk mengetahui sinyal getaran saat kondisi *misalignment* dan *alignment*. Model : 3055B2 DYTRAN INSTRUMENT, INC. *Inverter speed control* adalah variabel frekuensi *inverter* yang digunakan untuk mengontrol kecepatan secara elektronik motor AC induksi (Gambar 6). Model *Lenze AC Tech Controller*. *Tachometer digital display* adalah alat yang digunakan untuk menunjukkan besar nilai rpm motor yang berputar (Gambar 6). Model *Lattice Instrument, Inc.*



Gambar 6. (Dari kiri) Sensor *accelerometer*, *Inverter speed control*, *Tachometer digital display* [2]

c. Laptop data akuisisi, DAQ (data acquisition system), Kabel Bayonet naur connector (BNC) dan Connector

Laptop data akuisisi (Gambar 7) adalah perangkat yang dihubungkan dengan data akuisisi dengan *software Vibra quest* untuk memperoleh data yang sudah di akuisisi oleh DAQ *spectra quest*. Model Lenovo ThinkPad T510, Core i5, vPro. Software Vibra Quest. DAQ yaitu sebuah perangkat yang digunakan untuk mengakuisisi sinyal getaran yang terdapat pada komponen mesin yang di uji MFS (Gambar 7). Yang dihubungkan dengan kabel BNC sebagai pembaca tegangan keluaran yang dihasilkan *accelerometer* dan mengirimnya ke laptop. Model *Compact spectraPAD* (PCL), *Spectra Quest™*. Perangkat yang digunakan untuk menyalurkan sinyal getaran dari sensor *accelerometer* menuju DAQ (Gambar 7).



Gambar 7. (dari kiri) *Laptop data akuisisi*, *DAQ (data acquisition systems)*, *Kabel bayonet naur connector (BNC)* dan *connector* [2]

d. Current Source (sumber arus) dan Motor Listrik

Sumber arus ini adalah perangkat yang mampu menghasilkan arus yang tetap, tidak bergantung pada tegangan dari sumber arus tersebut (Gambar 8). Model 4103C Current Source DYTRAN INSTRUMENT, INC. Motor elektrik (Gambar 8) yaitu alat yang digunakan untuk pengujian dengan beberapa jenis kerusakan pada motor yaitu motor *unbalance*, *misalignment*, *broken rotor bar*, dan *bearing fault*. Model JVC- 56T34F5301J P SpectraQuest, Inc..



Gambar 8. (dari kiri) Sumber arus, Motor elektrik [2].

e. Kopling

Kopling dapat diartikan sebagai suatu alat yang digunakan untuk menghubungkan dua buah poros secara bersamaan pada kedua ujungnya dengan tujuan untuk meneruskan daya putaran. Daya dan putaran diteruskan dari penggerak, secara umum kopling ada dua jenis yaitu kopling tetap (kopling kaku) dan kopling tidak tetap (fleksibel).

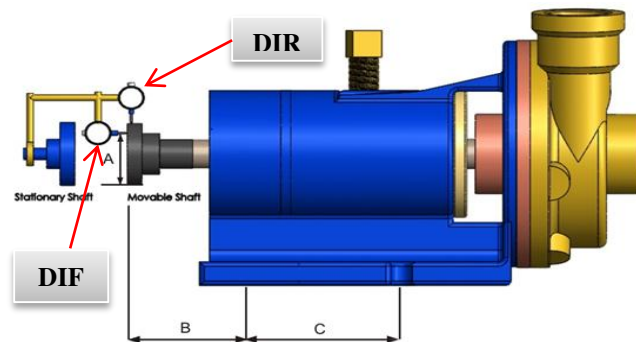


Gambar 9. Kopling love joy(kiri), roda gigi(tengah), beam(kanan) [2]

3. Prosedur Pengambilan Data

3.1. Proses pengukuran

Gambar 10 menunjukkan langkah – langkah yang harus dilakukan saat proses pengukuran menggunakan *dial indicator*



Gambar 10. Posisi saatdial DIF dan saat posisi dial DIR[2]

Keterangan :

DIF : Dial indikator face(permukaan kopling)

DIR : Dial indikator rim(sisi luar kopling)

Perhitungan data *vertical misalignment*

$$\text{Coupling offset} = \frac{\text{Rim Dial (DIR) Tir}}{2} \quad (1)$$

$$\text{Kemiringan poros} = \frac{\text{Face Dial (DIF) Tir}}{A \text{ Dimension}} \quad (2)$$

Perhitungan data *horizontal misalignment*

$$\text{coupling offset} = \frac{\text{Rim Dial (DIR) Tir}}{2} \quad (3)$$

$$\text{kemiringan poros} = \frac{\text{Face Dial (DIF) Tir}}{A \text{ Dimension}} \quad (4)$$

Persamaan untuk mengukur posisi dari mesin motor yang digerakan pada kaki depan adalah sebagai berikut :

$$\text{Front feet} = \left[\left(\frac{\text{Face Tir}}{A} \right) B \right] + \frac{1}{2} \text{Rim Tir} \quad (5)$$

Persamaan untuk mengukur posisi dari mesin motor yang di gerakan pada kaki belakang adalah sebagai berikut :

$$\text{Rear feet} = \left[\left(\frac{\text{Face Tir}}{A} \right) B + C \right] + \frac{1}{2} \text{Rim Tir} \quad (6)$$

Keterangan :

Face Tir = Nilai bacaan total dari dial indikator di permukaan

Rim Tir = Nilai bacaan total dari dial indikator di sisi kopling

A = Diameter perputaran dial indikator di permukaan kopling

B = Jarak antara ujung dial indikator sisi kopling ke titik tengah baut pada kaki depan mesin yang akan di gerakan

C = Jarak antara titik tengah baut di kaki depan ke titik tengah baut di kaki belakang

Nilai positif = kaki motor terlalu tinggi (*vertical*) atau di kanan (*horizontal*)

Nilai negatif = kaki motor terlalu rendah (*vertical*) atau di kiri (*horizontal*)

3.2 Pengukuran *vertical*

- Putar dial pada posisi jam 06.00 lalu setting nol
- Atur *face* pada posisi nol (0), atur *rim* dial pada nilai ambang dari dial indikator yang di sisi ditentukan pada nilai -9 pada posisi jam 06.00.
- Putar kedua poros secara bersamaan pada arah jam 12.00 dan diperoleh hasil pembacaan yaitu pada *face* nol (0) sedangkan pada sisi *rim* diperoleh 0,031 inchi

$$\text{Coupling offset} = \frac{\text{Rim Dial (DIR)TIR}}{2} = \frac{0,031}{2} = 0,015 \text{ inchi} \quad (7)$$

$$\text{Kemiringan poros} = \frac{\text{Face Dial (DIR)TIR}}{A \text{ Dimension}} = \frac{0}{1,75} = 0 \text{ inchi} \quad (8)$$

Diketahui :

A = 1,75 in

B = 2,75 in

C = 16,75 in

Pengukuran dilakukan sebanyak lima kali, agar lebih mudah dibuat dalam tabel excel.

Tabel 1 Posisi kaki depan yang di gerakan

F (in)	B (in)	D (in)	R (in)	Front Feet (in)
0	2,750	1,750	0,015	0,007
0	2,750	1,750	0,016	0,008
0	2,750	1,750	0,016	0,008
0	2,750	1,750	0,015	0,007
0	2,750	1,750	0,016	0,008
Rata - rata				0,008

Berdasarkan perhitungan Tabel 1 posisi kaki depan setelah di ukur hasilnya positif, maka poros terlalu tinggi/keatas sebesar 0,008 in maka poros harus di *alignment* dengan cara mengurangi ganjal (shim) kaki depan sebesar -0,008.

Tabel 2 Posisi kaki belakang yang di gerakan

F (in)	B (in)	D (in)	C (in)	R (in)	Rear Feet(in)
0	2,750	1,750	16,750	0,015	0,007
0	2,750	1,750	16,750	0,016	0,008
0	2,750	1,750	16,750	0,016	0,008
0	2,750	1,750	16,750	0,015	0,007
0	2,750	1,750	16,750	0,016	0,008
Rata - rata					0,010

Perhitungan Tabel 2 di atas menunjukan bahwa kaki belakang hasilnya positif maka poros terlalu ke atas/tinggi sebesar 0,010 in sehingga poros harus di *alignment* dengan cara mengurangi ganjal (shim) sebesar -0,010 inchi

3.3 Pengukuran *horizontal*

- Putar dial indikator pada arah jam 09.00
- Atur ke dua dial indikator tersebut pada posisi nol (0) baik *face* maupun *rim*
- Lalu putar dial indikator pada posisi jam 03.00 (Gambar 4.10) dan di dapat hasil pada *face* 0,002 in sedangkan sisi *rim* 0,042 in

$$\text{Coupling offset} = \frac{\text{Rim Dial (DIR)TIR}}{2} = \frac{0,042}{2} = 0,021 \text{ inchi} \quad (9)$$

$$\text{Kemiringan poros} = \frac{\text{Face Dial (DIR)TIR}}{A \text{ Dimension}} = \frac{0}{1,75} = 0 \text{ inchi} \quad (10)$$

Diketahui :

A = 1,75 inchi

B = 2,75 inchi

C = 16,75 inchi

Tabel 3 Posisi kaki depan yang di gerakan

F(in)	B(in)	D(in)	R(in)	Front Feet(in)
-0,001	2,750	1,750	0,021	0,008
-0,001	2,750	1,750	0,021	0,008
-0,001	2,750	1,750	0,021	0,008
-0,001	2,750	1,750	0,022	0,009
-0,001	2,750	1,750	0,021	0,008
Hasil Rata - rata				0,008

Berdasarkan perhitungan Tabel 3 di atas posisi kaki depan karena hasilnya positif maka poros terlalu ke kanan sebesar 0,008 in maka poros harus di *alignment* dengan cara menggeser ke kiri sebesar -0,008 inci.

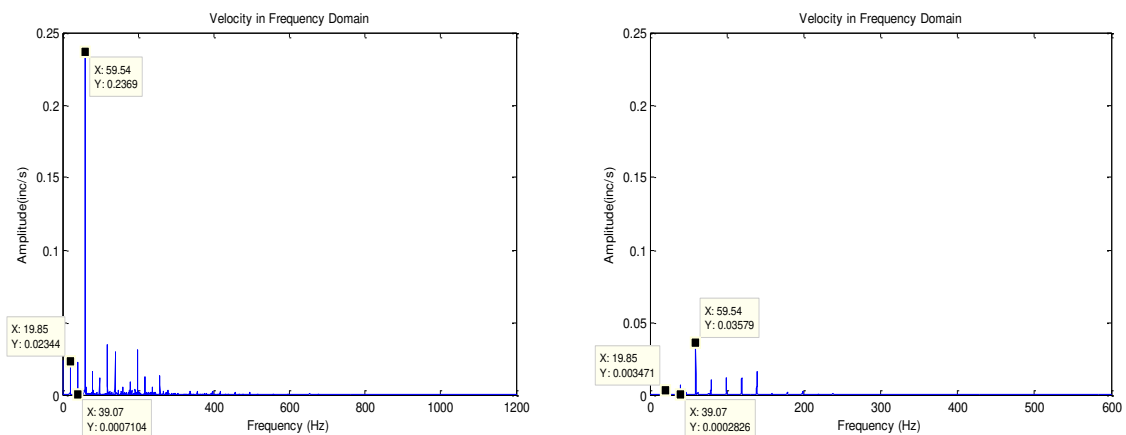
Tabel 4 Posisi kaki belakang yang di gerakan

F(in)	B(in)	C(in)	D(in)	R(in)	Rear Feet (in)
-0,001	2,750	16,750	1,750	0,021	-0,002
-0,001	2,750	16,750	1,750	0,021	-0,001
-0,001	2,750	16,750	1,750	0,021	-0,008
-0,001	2,750	16,750	1,750	0,022	-0,001
-0,001	2,750	16,750	1,750	0,021	-0,002
Hasil Rata - rata					-0,003

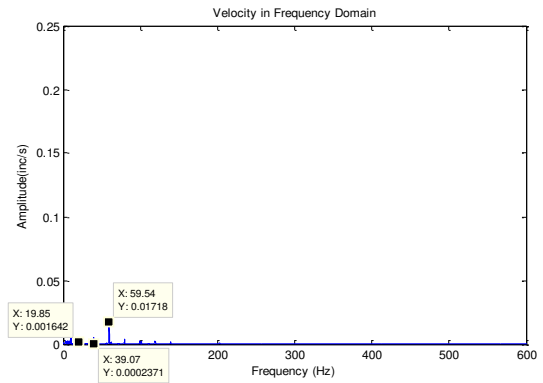
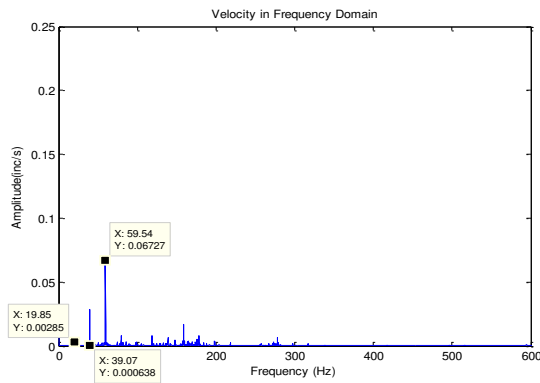
3.4 Hasil dan analisa

a. Kopling love joy

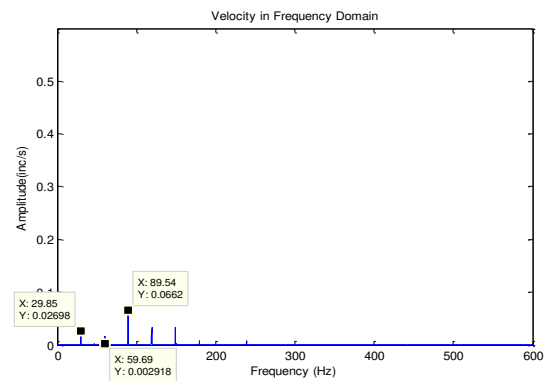
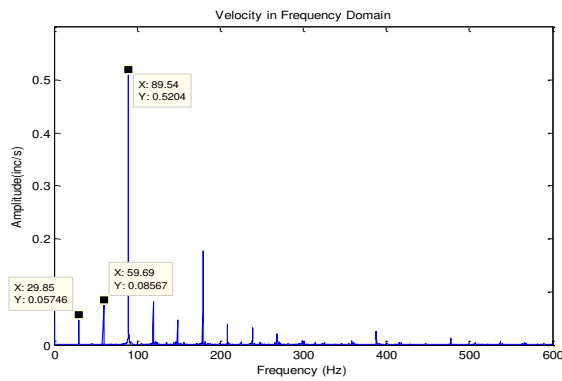
Pada arah radial horisontal kondisi *misalignment* & *alignment* dengan kecepatan putar poros 1200 rpm



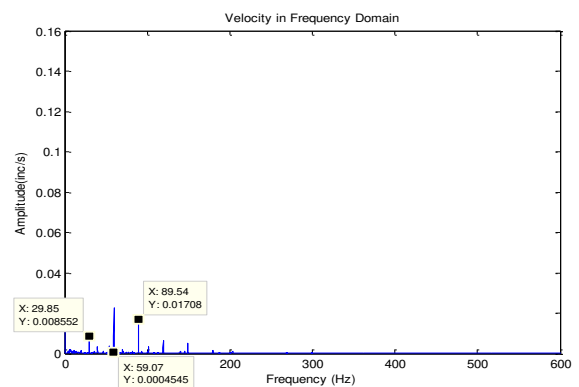
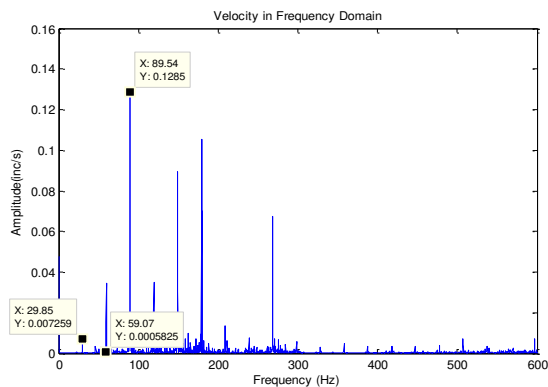
Pada arah axial kondisi *misalignment* & *alignment* dengan kecepatan putar poros 1200 rpm



Pada arah radial horizontal kondisi *misalignment* & *alignment* dengan kecepatan putar poros 1800 rpm

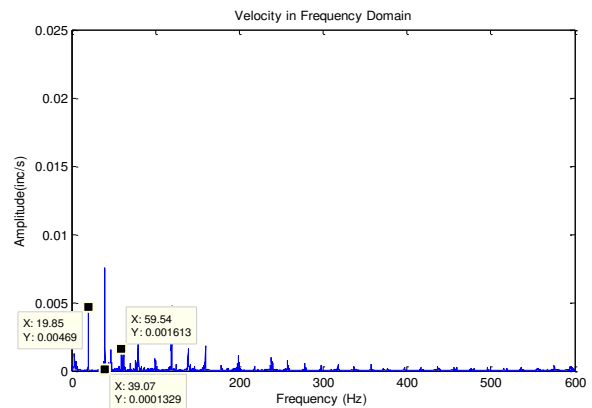
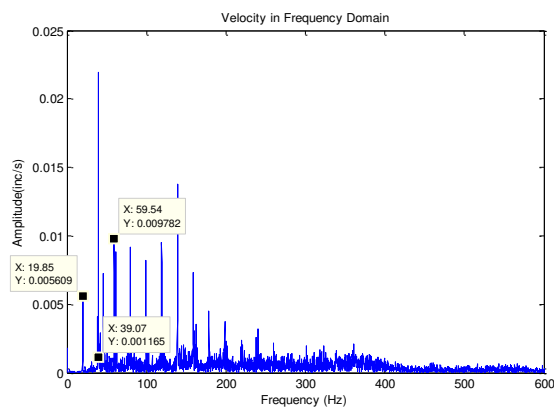


Pada arah axial kondisi *misalignment* & *alignment* dengan kecepatan putar poros 1800 rpm

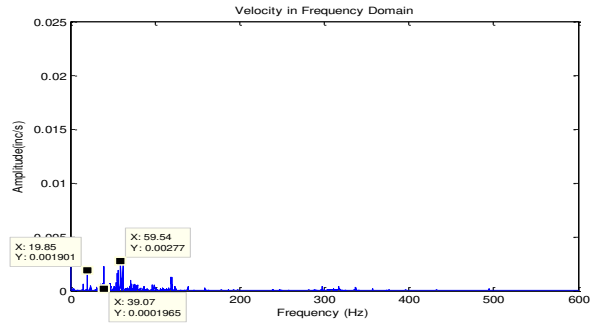
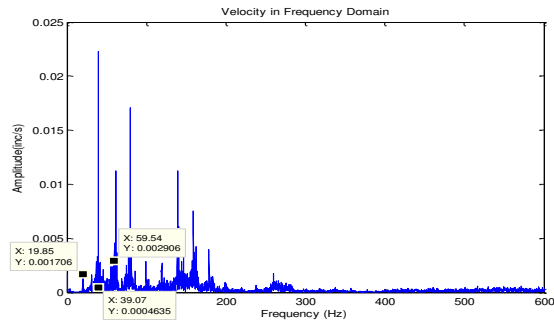


b. Kopling roda gigi

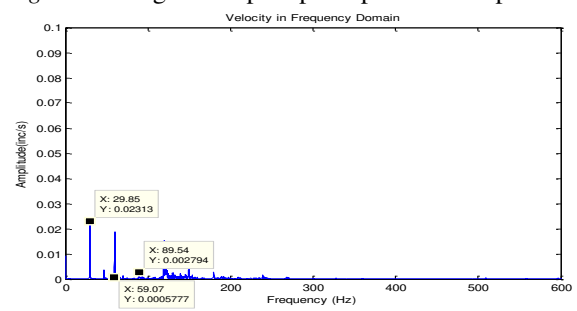
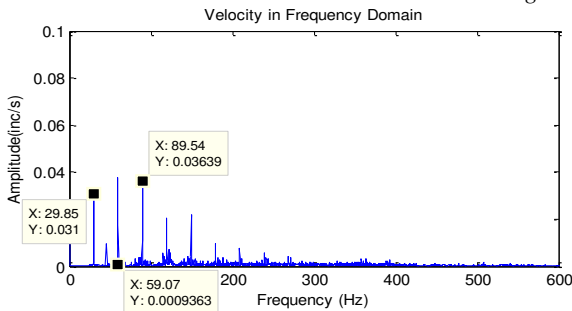
Pada arah radial horizontal kondisi *misalignment* & *alignment* dengan kecepatan putar poros 1200 rpm



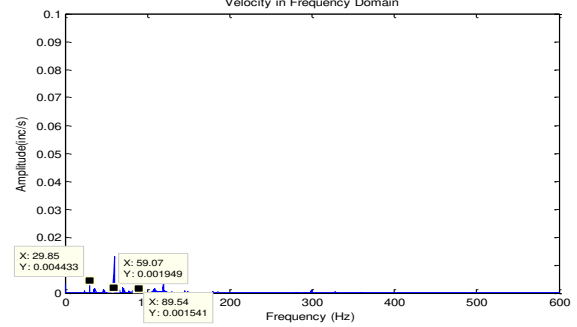
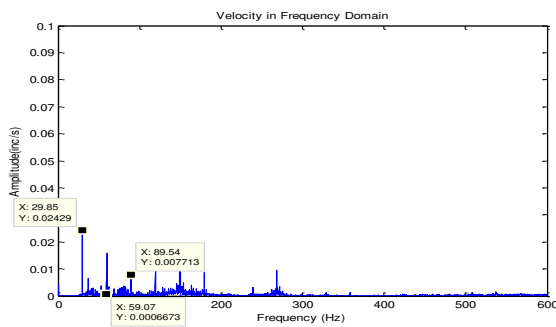
Pada arah axial kondisi *misalignment* & *alignment* dengan kecepatan putar poros 1200 rpm



Pada arah radial horizontal kondisi *misalignment* & *alignment* dengan kecepatan putar poros 1800 rpm

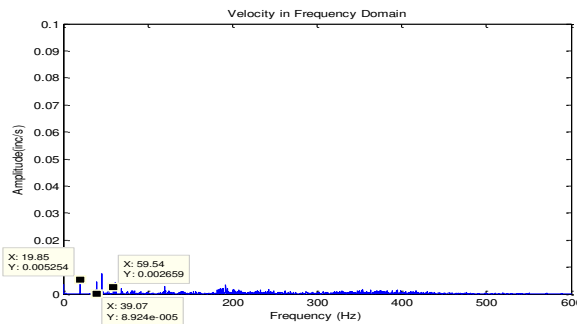
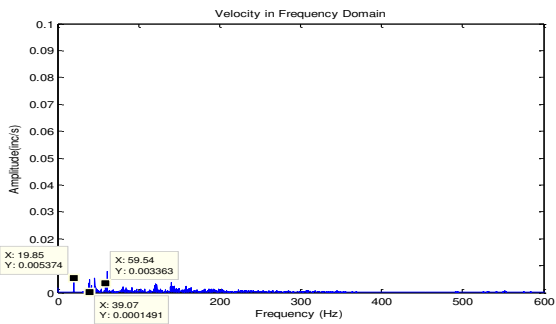


Pada arah axial kondisi *misalignment* & *alignment* dengan kecepatan putar poros 1800 rpm

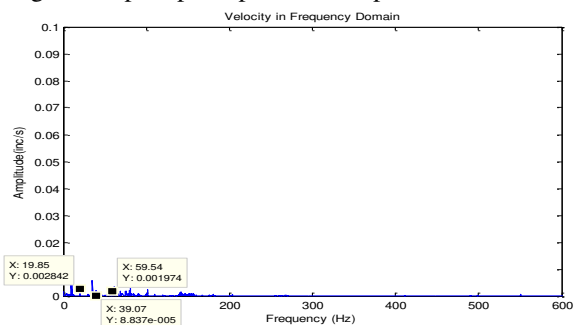
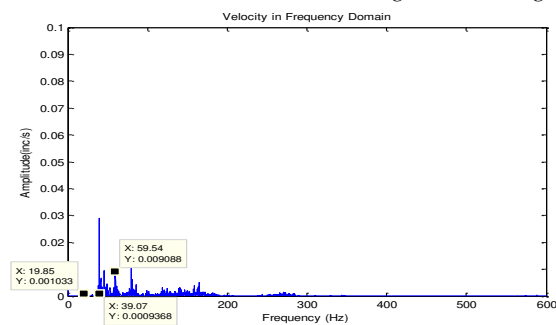


c. Kopling beam

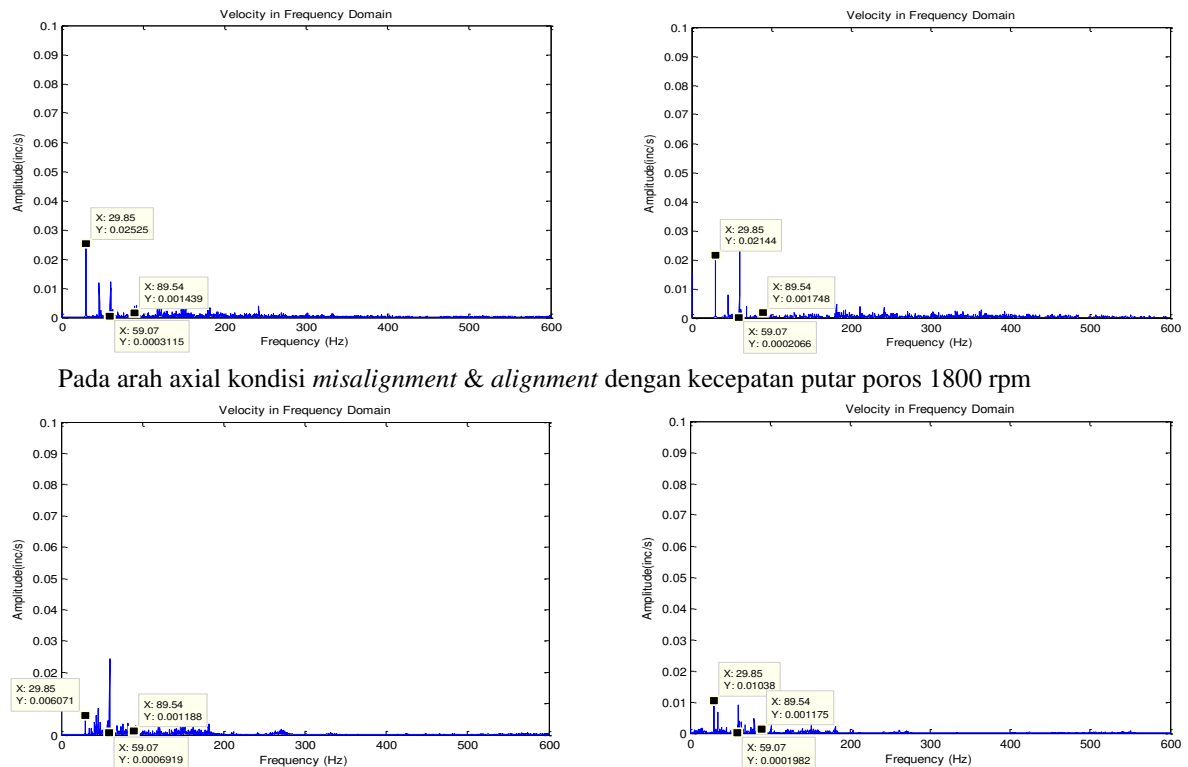
Pada arah radial horizontal kondisi *misalignment* & *alignment* dengan kecepatan putar poros 1200 rpm



Pada arah axial kondisi *misalignment* & *alignment* dengan kecepatan putar poros 1200 rpm



Pada arah radial horizontal kondisi *misalignment* & *alignment* dengan kecepatan putar poros 1800 rpm



4. Kesimpulan

Tabel 5 Ringkasan hasil pengukuran

No	Jenis kopling	Sensor Arah Radial Horizontal	Sensor Arah Axial	Rpm		Misalignment			Alignment		
						Amplitudo (in/z)			Amplitudo (in/z)		
				1200	1800	1x	2x	3x	1x	2x	3x
1	Love Joy	✓		✓		0,02344	0,0007104	0,2369	0,003471	0,0002826	0,03579
			✓	✓		0,00285	0,000638	0,06727	0,001642	0,0002371	0,01718
		✓			✓	0,05746	0,08567	0,5204	0,02698	0,002918	0,0662
			✓		✓	0,007259	0,0005825	0,1285	0,008552	0,0004545	0,01708
2	Roda Gigi	✓		✓		0,005609	0,001165	0,009782	0,00469	0,0001329	0,001613
			✓	✓		0,001706	0,0004635	0,002906	0,001901	0,0001965	0,00277
		✓			✓	0,031	0,0009363	0,03639	0,02313	0,0006777	0,002794
			✓		✓	0,02429	0,0006673	0,007713	0,00443	0,001949	0,001541
3	Beam	✓		✓		0,005374	0,0001491	0,003363	0,005254	8,924e-005	0,002659
			✓	✓		0,001033	0,0009368	0,009088	0,002842	8,837e-005	0,001974
		✓			✓	0,02525	0,0003115	0,001439	0,02144	0,0002066	0,001748
			✓		✓	0,006071	0,0006919	0,001188	0,01038	0,0001982	0,001175

Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa kopling yang getarannya terkecil yaitu penggunaan kopling beam sebesar 8,837e-005 (0,0000837) in/s sedangkan getaran tertinggi ditimbulkan oleh kopling love joy yaitu sebesar 0,5204 in/s. Jadi dapat disimpulkan bahwa pemakaian kopling pada mesin rotasi akan mempengaruhi getaran pada poros, oleh sebab itu pemakai kopling pada mesin roatsi juga harus diperhatikan atau dipertibangkan.

5. Daftar Pustaka

- [1] <http://www.alignmentknowledge.com/> di akses pada tanggal 10 desember 2015
- [2] Alat – alat pengukuran di Laboratorium Getaran *Training Centre* Universitas Diponegoro
- [3] www.spectraquest.com di akses pada tanggal 18 desember 2015
- [4] Daniel, C.V., Condition Monitoring for Rotational Machinery. Thesis, McMaster University, 2011
- [5] Mate Toth and Suri Ganeriwala SpectraQuest, Inc. Richmond, VA 23228, USA